

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2003133589  
PUBLICATION DATE : 09-05-03

APPLICATION DATE : 23-10-01  
APPLICATION NUMBER : 2001324858

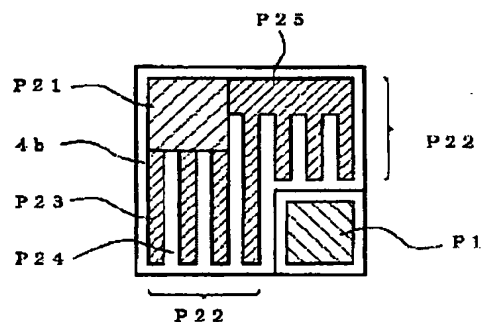
APPLICANT : MITSUBISHI CABLE IND LTD;

INVENTOR : OUCHI YOICHIRO;

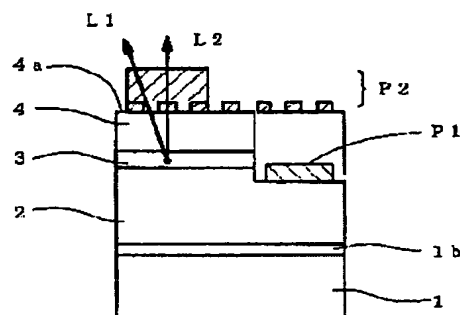
INT.CL. : H01L 33/00

TITLE : GaN BASED SEMICONDUCTOR LIGHT  
EMITTING DIODE

(a)



(b)



- |    |               |     |       |
|----|---------------|-----|-------|
| 1  | 結晶基板          | P1  | 下部電極  |
| 2  | n型のGaN系結晶層    | P2  | 上部電極  |
| 3  | GaN系結晶からなる発光層 | P22 | 細分化部分 |
| 4  | p型のGaN系結晶層    |     |       |
| 4a | 微層構造の最上面      |     |       |

ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a GaN based LED provided with an upper electrode capable of passing more light to the outside than a conventional upper electrode.

SOLUTION: The upper electrode P2 is subdivided and formed so as to be provided with light transmissivity. At a subdivided part P22, the electrode is subdivided so as to present a net shape or a branched shape and turned to a part spread on the top surface 4a of an element structure and the top surface is exposed between the subdivided electrodes. As for the degree of subdivision, when the division is performed in a matrix shape with a square whose one side is 50  $\mu\text{m}$  as a constitution unit, an electrode part and an exposed part are similarly present within each constituting unit and it is preferable that the ratio of an area of the electrode part occupying in each constitution unit is 30%-80%.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-133589

(P2003-133589A)

(43) 公開日 平成15年5月9日 (2003.5.9)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 L 33/00

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

テ-リ-ト\*(参考)

E 5 F 0 4 1

C

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2001-324858 (P2001-324858)

(22) 出願日 平成13年10月23日 (2001.10.23)

(出願人による申告) 「国等の委託研究の成果に係る特許出願 (平成13年度新エネルギー・産業技術総合開発機構「高効率電光変換化合物半導体開発 (21世紀のあかり計画) エネルギー使用合理化技術開発」委託研究、産業活力再生特別処置法第30条の適用を受けるもの)」

(71) 出願人 000003263

三菱電線工業株式会社

兵庫県尼崎市東向島西之町8番地

(72) 発明者 常川 高志

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社伊丹製作所内

(72) 発明者 只友 一行

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社伊丹製作所内

(74) 代理人 100080791

弁理士 高島 一

最終頁に続く

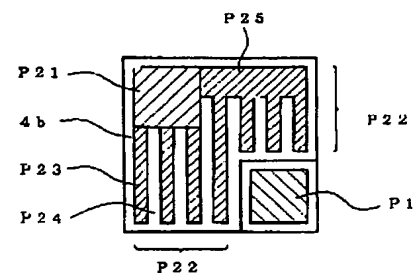
(54) 【発明の名称】 GaN系半導体発光ダイオード

(57) 【要約】

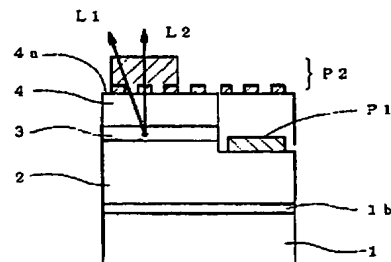
【課題】 従来の上部電極よりも、光をより多く外界へ通過させ得る上部電極を備えたGaN系LEDを提供すること。

【解決手段】 上部電極P2を細分化しかつ透光性を有するように形成する。細分化部分P22では、電極を網状または分岐状を呈するように細分化し、素子構造の最上面4aに広がる部分とし、細分化された電極間には最上面を露出させる。細分化の程度は、これを一辺50μmの正方形を構成単位として行列状に区分しても、各構成単位内に電極部分と露出部分とが同様に存在するものとし、各構成単位に占める電極部分の面積の割合は、30%~80%とすることが好ましい。

(a)



(b)



- |                 |           |
|-----------------|-----------|
| 1 結晶基板          | P1 下部電極   |
| 2 n型のGaN系結晶層    | P2 上部電極   |
| 3 GaN系結晶からなる発光層 | P22 細分化部分 |
| 4 p型のGaN系結晶層    |           |
| 4a 縦層構造の最上面     |           |

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 GaN系半導体からなる発光層を含む積層構造を有する発光ダイオードであって、前記積層構造の最上面には、当該発光ダイオードに設けられるp型、n型の両電極のうちの一方が上部電極として設けられており、

該上部電極は細分化部分を有し、該細分化部分は、電極が網状または分岐状を呈するように細分化されて前記最上面に広がる部分であって、細分化された電極間には該最上面が露出しており、該細分化部分の電極が、発光層から発せられた光に対して透光性を有するように形成されていることを特徴とするGaN系半導体発光ダイオード。

【請求項2】 電極部分と、最上面の露出部分とからなる細分化部分の面積が、最上面全体の30%~80%を占有しており、

該細分化部分は、これを最上面に沿って一辺50 $\mu$ mの正方形を構成単位として行列状に区分したとき、各構成単位同士が互いに同様の比率にて電極部分と露出部分を有するように、かつ、各構成単位に占める電極部分の面積の割合が20%~80%であるように、細分化された電極を有するものである、請求項1記載のGaN系半導体発光ダイオード。

【請求項3】 上記構成単位同士が、互いに同様の配置パターンにて電極部分と露出部分とを有するものである、請求項2記載のGaN系半導体発光ダイオード。

【請求項4】 細分化部分が、幅1 $\mu$ m~10 $\mu$ mの帯状の電極部分と、幅1 $\mu$ m~40 $\mu$ mの帯状に露出した最上面とが交互に配置された部分を有するものである、請求項1~3のいずれかに記載のGaN系半導体発光ダイオード。

【請求項5】 発光層から発せられた光に対する上記細分化部分の電極の透光性が、20%~80%の透過率である、請求項1記載のGaN系半導体発光ダイオード。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、GaN系半導体発光ダイオード（以下、「GaN系LED」ともいう）に関するものである。

【0002】

【従来の技術】GaN系LEDは、GaN系半導体からなる発光層を少なくとも有し、該発光層の組成によっては青色~紫外域に至る短波長の光をも発することが可能な発光ダイオードである。ここでいうGaN系半導体とは、 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq z \leq 1$ ,  $x+y+z=1$ ) で示される化合物半導体である。

【0003】GaN系LEDの簡単な素子構造としては、図4(b)に示すように、結晶基板21上に、GaN系結晶層（n型GaNコンタクト層22、 $\text{In}_{1-x}\text{G}$

$\text{a}_x\text{N}$  ( $0 < x \leq 1$ ) 発光層23、p型GaNコンタクト層24)が順次結晶成長によって積み重ねられ、これに下部電極（通常はn型電極）25、上部電極（通常はp型電極）26が設けられた構造が例示される。ここでは、結晶基板を下にして実装がされ、光が上方に出て行くとして説明する。

【0004】上部電極26は、積層構造の最上面に設けられ、発光層23の上方に位置するために、発光層から上方へ発せられた光にとっては障害物となる。特に、GaN系材料の場合、電流拡散がし難く、電極直下でしか発光しないため、上部電極が発光の障害物になるという問題は、他の材料系のLEDより顕著である。また、上部電極の面積が小さ過ぎると、発光エリアが縮小し輝度が低くなる。

【0005】これらの問題に対応し得る上部電極の態様として、図4(a)に示すように、積層構造の最上面全体を覆うように透明電極26aを設ける態様が知られている。この態様は、発光層に対して広範囲に電流を供給し発光させ、透明電極によって、光を遮ることなく外界へ出そうとするものである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、本発明者等が上記従来の上部電極の態様を検討したところ、いずれも電流密度や上部電極を通過し得る光の量に関しては最適化が考慮されておらず、さらなる改善の余地があることがわかった。

【0007】本発明の課題は、上記問題を解決し、従来の上部電極よりも、光をより多く外界へ通過させ得る上部電極を備えたGaN系LEDを提供することにある。

【0008】本発明は以下の特徴を有するものである。

(1) GaN系半導体からなる発光層を含む積層構造を有する発光ダイオードであって、前記積層構造の最上面には、当該発光ダイオードに設けられるp型、n型の両電極のうちの一方が上部電極として設けられており、該上部電極は細分化部分を有し、該細分化部分は、電極が網状または分岐状を呈するように細分化されて前記最上面に広がる部分であって、細分化された電極間には該最上面が露出しており、該細分化部分の電極が、発光層から発せられた光に対して透光性を有するように形成されていることを特徴とするGaN系半導体発光ダイオード。

【0009】(2) 電極部分と、最上面の露出部分とからなる細分化部分の面積が、最上面全体の30%~80%を占有しており、該細分化部分は、これを最上面に沿って一辺50 $\mu$ mの正方形を構成単位として行列状に区分したとき、各構成単位同士が互いに同様の比率にて電極部分と露出部分を有するように、かつ、各構成単位に占める電極部分の面積の割合が20%~80%であるように、細分化された電極を有するものである、上記(1)記載のGaN系半導体発光ダイオード。

【0010】(3) 上記構成単位同士が、互いに同様の配置パターンにて電極部分と露出部分とを有するものである、上記(2)記載のGa N系半導体発光ダイオード。

【0011】(4) 細分化部分が、幅 $1\mu\text{m}$ ~ $10\mu\text{m}$ の帯状の電極部分と、幅 $1\mu\text{m}$ ~ $40\mu\text{m}$ の帯状に露出した最上面とが交互に配置された部分を有するものである、上記(1)~(3)のいずれかに記載のGa N系半導体発光ダイオード。

【0012】(5) 発光層から発せられた光に対する上記細分化部分の電極の透光性が、20%~80%の透過率である、上記(1)記載のGa N系半導体発光ダイオード。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、簡単な素子構造を例として挙げ、本発明を具体的に説明する。以下の説明では、上部電極をp型電極とし、絶縁性の基板を用いた構造(両電極が共に上面側に設けられる構造)について説明するが、素子構造はこれらに限定されず、伝導型の上下は逆であってもよく、また、Si C基板やGa N基板など導電性を有する結晶基板を用いた、どのような素子構造であってもよい。

【0014】本発明によるGa N系LEDは、図1(b)に示すように、Ga N系半導体からなる発光層を含むべく、サファイア基板1上に、 $\text{Al}_a\text{Ga}_{1-a}\text{N}$  ( $0 \leq a \leq 1$ ) 低温成長バッファ層1bを介して、n型 $\text{Al}_b\text{Ga}_{1-b}\text{N}$  ( $0 < b \leq 1$ ) コンタクト層2、 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$  ( $0 < x \leq 1$ ) 発光層3、p型 $\text{Al}_c\text{Ga}_{1-c}\text{N}$  ( $0 < c \leq 1$ ) コンタクト層4が順次結晶成長によって積み重ねられて積層構造となっている。該積層構造は局部的に除去されて、n型 $\text{Al}_b\text{Ga}_{1-b}\text{N}$  コンタクト層2が一部露出しており、その露出部分に下部電極(n型電極)P1が形成され、積層構造の最上面4aには上部電極(p型電極)P2が設けられている。

【0015】上部電極6は、図1(a)に示すように、外部と接続するためのボンディング用端子P21と、そこから最上面全体に広がる細分化部分P22とを有する。細分化部分P22では、電極が網状または分岐状を呈するように細分化されて、最上面4a全体に広がっており、電極材料が最上面を覆っている電極部分(図1(a)では、P23やP25)と、その間に最上面が露出している露出部分P24とが、互いに隣り合って組み合わせられた配置パターンとなっている。そして、該電極部分P23、P25は、発光層から発せられた光に対して透光性を有するよう形成されている。上記構成とすることによって、最上面を透明電極でべったりと覆う態様と比べて、同じ電力の投入であっても、より高い出力の光を取り出すことができる。

【0016】上記したように、Ga N系LEDでは、Ga As系などの他の材料系のLEDとは異なり、上部電

極から発光層に向かう電流は拡散し難い。そのために、発光層では上部電極材料が存在する部分の直下に対応する部分が集中的に発光する。透明電極でべったりと覆われている態様では、発光層全面が発光可能であるが、その反面、高い電流密度が得られず、また、透明電極の透過率が100%でないために、発光層から上方に向かう光を十分に外界に出すことはできない。

【0017】一方、上部電極の態様の1つとして、電極材料を櫛形を呈するパターンに形成した、所謂「クシ形電極」がある。クシ形電極は、従来では、もっぱら受光素子の分野において受光対象光を素子内に入射させるために用いられており、電極部分は不透明である。そのような不透明なクシ形電極をGa N系発光素子に単に应用した場合、上記したように電流が微量しか拡散しないというGa N系材料特有の性質のために、電極のほぼ直下でしか発光せず、電極部分が上方に向かう発光を遮るという問題が生じる。

【0018】これに対して本発明では上部電極をクシ形電極のように細分化した電極パターンとし、さらに、その細分化した電極自体に光透過性を持たせている。これによって、先ず、電極直下において集中的に強い発光を生じさせながらも、図1(b)に示すように、発光部分から直上に向かう光12は、電極を透過し外界に出て行くことができ、ロス分が減少する。次に、たとえ微量であっても電流が拡散するために、発光部分は、くし型電極の直下のみならず、該直下部分から微小だけ周囲にハミ出している。該ハミ出し部分は、個々には微小であるが、電極パターンがくし型を呈するように細長く延伸されたパターンであるために、パターン全体でのハミ出し部分の総計は、発光強度の増加に寄与し得る量となる。即ち、くし型電極と同じ面積の電極を1箇所に集中させた場合と比べて、発光する部分の総面積が広いというメリットが得られる。これらの作用効果によって、従来の電極と比べて、同じ電力の投入であっても、より高い出力の光を取り出すことができるのである。

【0019】最上面には、ボンディング用端子が占有する領域と、細分化部分(電極部分+露出部分)の領域のほかに、図1(a)に示すように、最上面の外周縁に、微小幅の加工シロ4bが露出部分として存在する場合がある。以下の説明では、これらボンディング用端子の領域や、外周縁の加工シロを除いた、細分化部分だけの領域について説明する。

【0020】細分化部分の電極パターンは、電極が網状または分岐状を呈するように最上面に広がっており、電極部分と露出部分とが隣り合い組み合わせられた状態であればよく、パターンは、規則的、不規則的、またはこれらが混在するものが挙げられ、露出部分のパターンは、直線的、曲線的、ドット状などとなる。

【0021】代表的な電極パターンを次に例示する。ただし、上記のとおり電極パターンは無数に存在し、これ

ら例示に限定されるものではない。図1(a)の例はクシ形パターンであって、クシの背の部分P25を幹線として、そこから帯状の電極P23が分岐しストライプ状となっている。図2(a)の例は格子状パターンであって、電極が網状を呈している。図2(b)の例は、円形ドット状の露出部分が最密状に配列されたパターンであって、電極に着目すれば一種の網状パターンである。これら網状パターンでは、露出部分の形状は自由であって、任意の四角形、楕円、異形等であってもよく、露出部分の向きや配列パターンは規則的であってもランダムであってもよい。図2(c)、図3(a)の例は、帯状の電極部分と帯状の露出部分とが、交互に組み合わされたパターンであり、クシ形パターンの一種とも、網状パターンの一種とも言える。図2(c)では、直線的な帯状電極が屈折して組み合わせられ、図3(a)では、帯状電極が同心円状に並んでいる。図3(b)の例は、細分化された電極が規則性無しに迷路のように分岐するパターンである。これら種々のパターンは、自由に組み合わせてよく、例えば、クシ形のような規則的な分岐パターンから、不規則な毛細パターンが分岐する態様であってもよい。

【0022】上部電極の細分化部分は、電極部分とそれに挟まれた露出部分とを合わせて最上面の30%~80%、より好ましくは40%~70%を占有するように形成することが好ましい。これは、細分化部分が一箇所に塊状に集中するような態様ではなく、より広く分散すべきことを限定するものである。

【0023】発光層での発光の強弱には、電流密度が大きく関係する。電流密度が低いとキャリアが非発光成分にトラップされる割合が高くなり、発光強度は弱くなる。電流密度を上げていくと非発光成分にトラップされる割合が小さくなり、また、ある値からトラップ分が飽和するので発光強度は強くなる。電流密度は、細分化された電極部分の各部の面積を小さくすること（例えば、クシ形パターンでは、電極の帯幅を狭くすること）で上昇する。電流密度が上がれば、内部量子効率が上がり出力は向上する。ただし、無制限に電極面積を小さくするだけでは、十分な発光に必要な印加電圧の上昇や、電流密度を上げることで熱緩和による非輻射遷移割合の増加、即ち、出力の低下が考えられる。この点から、電極部分の面積とそのピッチは重要である。

【0024】一方、電極を細分化しかつ透明電極として形成しても、透明電極は発光層からの光を100%通過させ得るわけではないから、電極部分では光のロスが生じる。また電極が大面積であると、その中心直下で発光した光が最寄の露出部分から外界に出て行くには、直上方向から大きな角度を成して斜めに上昇しなければならず、最上面と外界との界面で素子内部に反射する光の量が増加し、これがロスとなる。この点からも、電極部分の面積とそのピッチは重要である。

【0025】よって、内部量子効率をより高め、かつ、発生した光をよりロス無きように外界に取り出すべく、本発明では、細分化部分における電極の細分化の程度を、以下に説明するとおりさらに限定することを推奨する。これによって、本発明の目的はより高度に達成される。

【0026】上記電極の細分化の程度は、仮に細分化部分を一辺50 $\mu$ mの正方形を構成単位とする行列状に区分したとしても、該構成単位をどの位置に当てはめても、各構成単位内には常に電極部分と露出部分とが同様の割合で存在するように、電極が細分化されていることが好ましい。前記構成単位の正方形の一辺は、2 $\mu$ m~12 $\mu$ mであることがより好ましい。さらに電極を微細に細分化した態様では、構成単位を一辺2 $\mu$ m~4 $\mu$ mの正方形として区分し、この区分を、細分化部分の任意の位置に当てはめても、常にその中に電極部分と露出部分とが存在するように細分化した態様とすることが好ましい。

【0027】また、上記した各構成単位に占める電極部分の面積の好ましい割合は20%~80%であり、より好ましくは20%~60%、特に好ましい割合は40%~60%である。

【0028】これらの細分化の規定によって、内部量子効率は最適化され、かつ、電極直下で発光した光は、より直上方向に近い角度で露出部分から外界に出て行くことが可能となり、最上面と外気との界面での素子内部への反射が抑制される。また、透明電極に当たった光も多くはこれを通過し外界に出て行くので、外部から見た当該Ga<sub>0.4</sub>N<sub>0.6</sub>系LEDは、同じ電力量の投入に対して、従来品よりも強い発光を示すものとなる。

【0029】行列状への区分に際しては、細分化部分の外周部分に、正方形とならない半端な区画が生じてもよい。また、図1(a)に示すクシ形パターンのように、一様に細分化されたストライプ部分に加えて幹線部分P25のような特異部分が存在する場合には、一様に細分化された部分だけについて行列状への区分の規定を当てはめるものとする。

【0030】細分化部分を行列状に区分したとき、各構成単位内には、電極部分と露出部分とが、各構成単位同士で同様に存在すればよく、同一である必要はない。これは、図3(b)のような不規則なパターンでは、各構成単位毎に、電極部分と露出部分との比率は特定の幅で変動する場合もあるからである。また、図2(b)のような最密状の電極パターンに対しては、繰り返されるパターンの基本形状は正三角形や正六角形であるから、同図に太い実線で示すように、正方形の区分の仕方を、

「完全な正方行列状」から「最密状のパターンに従った行列状」へとずらせて規定すればよい。また、細分化部分は、互いに異なる単位面積に細分化された部分を組み合わせて構成してもよい。

【0031】図1(a)に示すクシ形パターンや、図2(a)に示す格子状パターンでは、電極部分と露出部分とが規則的に組み合わされてなる規則的部分を含んでいる。例えば、クシ形パターンでは、クシの歯の部分、帯状の電極部分P23と、帯状の露出部分P24とが規則的に交互に配置されストライプ状となっている。これらの規則的部分を行列状に区分すると、正方形の各構成単位内には、電極部分と露出部分とが同じ配置パターンにて存在する。このような規則的部分を有する細分化パターンは、より多くの露出部(光取り出し部)を設けるのに最適な構造であるために好ましく、なかでも、クシ形パターンが特に好ましい。

【0032】上記の細分化の規定によれば、クシ形パターンや図2(c)、図3(a)のパターンのように、帯状の電極部分と、帯状の露出部分とが規則的に交互に配置されストライプ状となっているパターンは、帯状の電極部分の幅が $1\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ 、帯状の露出部分の幅が $1\mu\text{m}\sim 40\mu\text{m}$ であるようなストライプが好ましい。この場合、構成単位(正方形)の一边は最小2(電極幅1+露出幅1) $\mu\text{m}$ 、最大50(=電極幅10+露出幅40) $\mu\text{m}$ 程度となる。これらの幅から、構成単位に占める電極部分の面積の割合が20%~80%となるように数値を選択することが好ましい。より好ましい範囲としては、帯状の電極部分の幅 $1\mu\text{m}\sim 8\mu\text{m}$ 、帯状の露出部分の幅 $1\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ のストライプ(正方形の一边は $2\mu\text{m}\sim 28\mu\text{m}$ )とし、構成単位に占める電極部分の面積の割合を30%~60%とすることが挙げられ、さらに最も好ましい範囲としては、帯状の電極部分の幅 $2\mu\text{m}\sim 4\mu\text{m}$ 、帯状の露出部分の幅 $4\mu\text{m}\sim 8\mu\text{m}$ のストライプ(正方形の一边は $6\mu\text{m}\sim 12\mu\text{m}$ )とし、構成単位に占める電極部分の面積の割合を40%~60%とすることが挙げられる。

【0033】上記したように、細分化部分の電極は、発光層から発せられた光に対して透光性を有するように形成される。発光層から発せられる光は、発光層に用いるGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>系半導体の組成によって異なり、およそ350nm~550nm程度の光となる。電極の透光性は、これらの波長の光が30%~60%の透過率であることが好ましい。

【0034】上記透光性を有する電極は、公知の透明電極の形成技術を用いて形成してよい。例えば、材料としてAl、Niを用い、厚さをそれぞれ10nm、1nmとする2層構造の態様などが挙げられる。

【0035】図1の例では、Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>系結晶層による積層構造は、(n型コンタクト層、活性層、p型コンタクト層)の3層構造であるが、発光層を多重の量子井戸構造や量子ドット構造とするなど、種々の素子構造としてよい。また、結晶基板として、SiC基板やGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>基板など導電性を有するものを用いて、下部電極の位置を変更してもよい。その他、当該Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>系LEDにおける上部

電極以外の各部については、例えば、国際公開公報WO 99/30373に記載の素子構造やGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>系結晶の製造方法など、公知のGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>系LEDに用いられている構造および製造方法、Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>系半導体のための結晶成長方法、転位密度低減のための手法などを参照してよい。

【0036】

【実施例】本発明によるGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>系LEDの一例として、図1に示す素子構造(細分化部分はクシ型パターン)を有するものを実施例品として製作し、従来品と比較した。本発明による実施例品については、クシ形パターンの細分化の仕様を段階的に変更し、本発明が推奨する範囲内のもの、および範囲外のものを製作した。また、従来品については、クシ形パターンの不透明電極を有するもの、全面を均一に覆う透明電極を有するものを製作した。実施例品と比較例品とは、上部電極の構造以外は全て同様である。

【0037】〔実施例品の製作〕図1(b)に素子構造を示すように、結晶基板1としてC面サファイア基板を用いた。該基板をMOCVD装置内に配置し、水素雰囲気下で1100℃まで昇温し、サーマルエッチングを行った。その後酸素雰囲気中に切り替え、温度を500℃まで下げ、原料ガスとしてトリメチルガリウム(TM<sub>0.9</sub>G<sub>0.1</sub>)、NH<sub>3</sub>を流し、Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>低温成長バッファ層1bを成長させた。

【0038】次に、温度を1000℃に昇温し、原料としてTMG、NH<sub>3</sub>、ドーパントとしてシランを流し、厚さ3μmのn型Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>層2を成長させた。次に、原料としてTMG、トリメチルインジウム(TMI)、NH<sub>3</sub>を流し、前記層2上に、厚さ0.1μmのInGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>活性層(発光層)3を成長させた。次に、原料としてTMG、NH<sub>3</sub>、ドーパントとしてビスシクロペンタジエニルマグネシウム(Cp<sub>2</sub>Mg)を流し、厚さ0.15μmのp型Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>層4を成長させた。その後雰囲気ガスを窒素に切り換え室温まで徐冷し、積層構造体を得た。

【0039】得られた積層構造体に対し、部分的にドライエッチングを施し、p型Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>層4とInGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>活性層3を一部除去し、n型Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>層2を露出させ、材料Ti、Alからなるn型オーミック電極P1を形成した。

【0040】次に、積層構造体の最上面に、レジスト塗布、プリバーク(ベーク)、露光(転写)、現像、蒸着、リフトオフの加工手順によって、図1(a)に概略的に示すようなクシ形パターンを有する透明電極を形成した。

【0041】該電極の材料構成は、下層(材料Ni、厚さ1.0nm)、上層(材料Au、厚さ10.0nm)の2層構造の光透過性電極である。この光透過性は、InGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>発光層から発せられる460nm波長光を50%透過させ得るものであった。細分化部分であるクシ形パターンのストライプ部分(クシの歯も部分)の寸法仕様は、電極の幅が2.0μm、電極間の露出部分の幅が

8.0  $\mu\text{m}$ である。

【0042】上記プロセスによって素子構造を完成させた後、350mm $\times$ 350mmの1チップへと分断し、本発明によるGa<sub>0.4</sub>N系LEDとした。1チップ状態での最上面の総面積は約0.12mm<sup>2</sup>であり、ボンディング用端子の領域、外周縁の加工シロを除いた、細分化部分の面積は、約0.06mm<sup>2</sup>であった。

【0043】上記LEDチップを、T<sub>0</sub>-18システム台にマウントし、出力を測定したところ、波長460nm、20mAで、12mWであり、従来の全面透明電極とした発光素子の平均的な出力と比べて、同じ電流での出力が25%向上していることがわかった。

【0044】

【発明の効果】上記説明のとおり、上部電極を細分化し、かつ透明とすることによって、従来の上部電極よりも、内部量子効率を高め、かつ光をより多く最上面から外界へ通過させ得るGa<sub>0.4</sub>N系LEDを提供することが可能となった。また、当該Ga<sub>0.4</sub>N系LEDのなかでも、上部電極の細分化の程度を限定することによって、内部量子効率と最上面における光の通過量とが最適化された。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるGa<sub>0.4</sub>N系LEDの構造の一例を示す模式図である。領域を区別するために電極にのみハッ

チングを施している。図1(a)は素子を側方から見た図、図1(b)は、図1(a)の素子を上方から見た図である。

【図2】本発明における、細分化部分の電極パターンの一例を示す図である。図ではパターンの一部分だけを示している。

【図3】本発明における、細分化部分の電極パターンの他の例を示す図である。図2と同様、図ではパターンの一部分だけを示している。

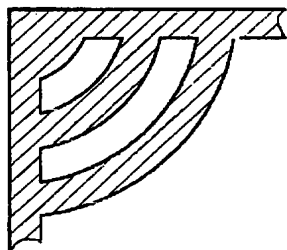
【図4】従来のGa<sub>0.4</sub>N系LEDの構造の一例を示す模式図である。図4(a)は素子を側方から見た図、図4(b)は、図4(a)の素子を上方から見た図である。

【符号の説明】

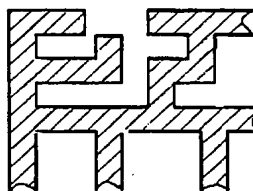
- 1 結晶基板
- 2 n型のGa<sub>0.4</sub>N系結晶層
- 3 Ga<sub>0.4</sub>N系結晶からなる発光層
- 4 p型のGa<sub>0.4</sub>N系結晶層
- 4a 積層構造の最上面
- P1 下部電極
- P2 上部電極
- P22 細分化部分

【図3】

(a)

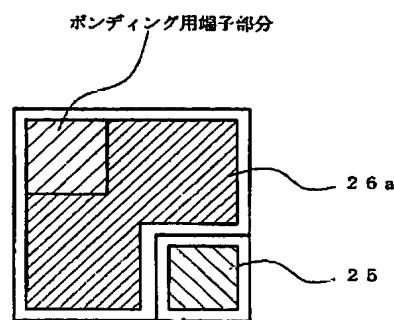


(b)

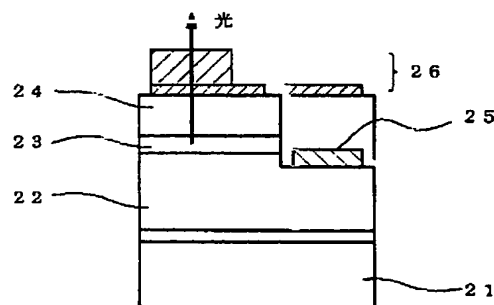


【図4】

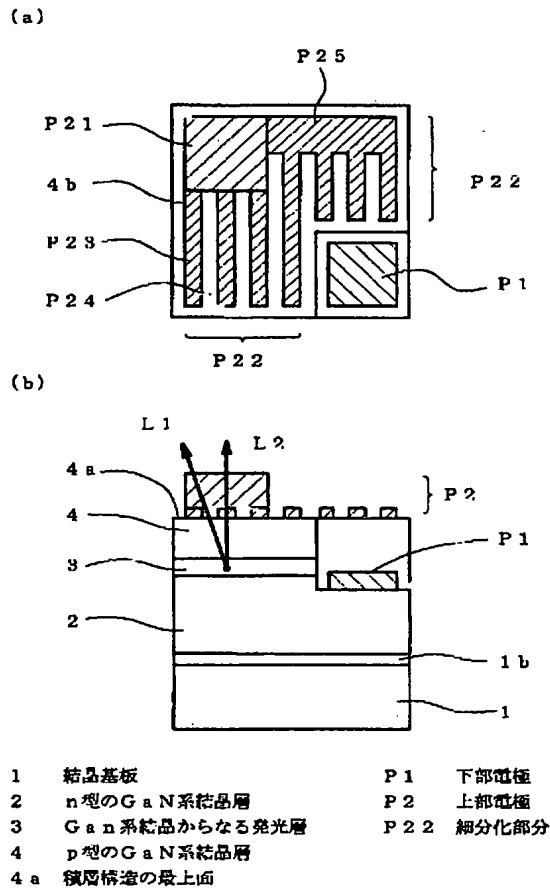
(a)



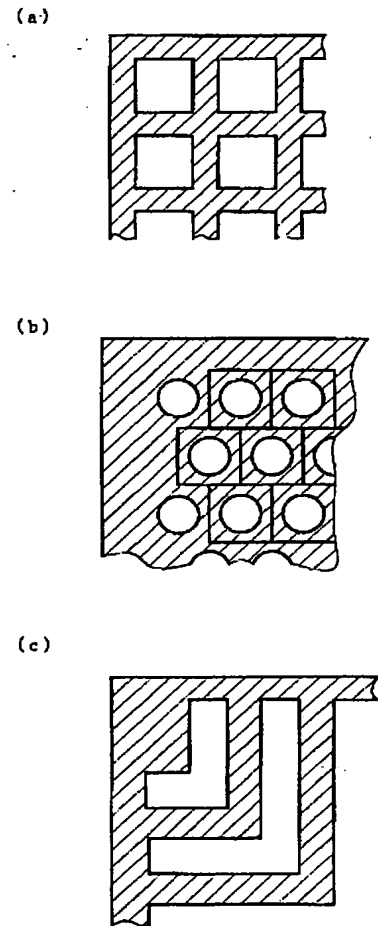
(b)



【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 岡川 広明

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線  
工業株式会社伊丹製作所内

(72)発明者 大内 洋一郎

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線  
工業株式会社伊丹製作所内

Fターム(参考) 5F041 AA03 AA04 CA40 CA65 CA82  
CA88 CA93